

KEEMIAÜLESANNETE LAHENDAMISE LAHTINE VÕISTLUS

Noorem aste (9. ja 10. klass)

Tallinn, Tartu, Kuressaare, Narva, Pärnu, Kohtla-Järve 11. november 2006

1. Sool **E** sisaldab kolme elementi: kaltsiumit (3 mooli ühe mooli soola kohta, 38,76 % massi järgi), elementi **A** (19,97 %) ning elementi **D** (41,27 %). Element **A** on oma nime saanud ühe allotroobi (esinemisvormi) järgi, mis helendab pimedas. **A** reaktsioonil lihtainega D_2 tekib hügrokoopne ühend **Z**. **Z** reaktsioonil veega tekib ühend **O**, mille lahuse $pH < 7$.

a) Näidake arvutustega, millised on i) elemendi **A**, ii) lihtaine D_2 ja iii) soola **E** valemid ja andke neile nimetused. iv) Kirjutage ühendi **Z** valem ja nimetus.

b) Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid: i) $A + D_2 \rightarrow Z$, ii) $Z + H_2O \rightarrow O$ ja iii) $O + Zn \rightarrow$.

Lämmastikhape oksüdeerib elemendi **A** ühendiks **O** ja eraldub värvusetu mürgine gaas **NO**.

c) Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrand (lisage vett, kui vaja) ning elektronide üleminekuvõrrandid. (9)

2. Metall **Me**, mille soolad annavad leegile rohelise värvuse, hüdroksiidist valmistati 219 g 4,00 % lahust. Sellele lisati 236 cm^3 0,3810 M naatriumfosfaadi lahust ($\rho = 1,0434 \text{ g/cm}^3$), eraldus 10,23 g sadet ning saadi 2,019 % naatriumfosfaadi lahus. Metall **Me**iooni reageerimisel kromaatiooniga CrO_4^{2-} , tekib kollane sade **W**. Tugevas happes sade **W** lahustub ja tekib oranžikas lahus.

a) Identifitseerige arvutustega metall **Me**.

b) Kirjutage tasakaalustatud ioonvõrrandid: i) $Me \text{ioon} + CrO_4^{2-} \rightarrow$ ja ii) $H^+ + W \rightarrow$. (10)

3. Element **X** on tähtede üks koostisosa ning sisaldub gaasis **A** ja vees hästi lahustuvas gaasis **B**. Lakmuspaber muutub gaasi **B** lahuses siniseks, kuid gaasi **A** lahuses punaseks. Gaasi **A** lahuse reageerimisel leelismetalliga **C** tekib binaarne ühend **D** (58,97 % **C**). **C** puistamisel leeki värvub see kollakaks. Lihtaine X_2 reageerimisel mõnedest valgendajatest eralduva lihtainega **E** tekib aine **F**, mis on tugev hape. Happe **F** soolad on vees enamasti hästi lahustuvad, välja arvatud metalli **G** sool. Metall **G** kasutatakse hõbepeegli reaktsioonis ja selle metalli teist soola **H** kasutati renessansi ajastul kosmeetika vahendina, mis jättis nahale veega raskesti maha pestavaid musti plekke.

a) Tuvastage metall **C** ja arvutage välja **D** molekulmass.

b) Kirjutage ainete **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H** ja X_2 valemid ning nimetused. (6)

4. Elemendil **X** pole põhjust kannatada alaväärsuskompleksi all, sest ka lihtainena on tal mitu püsivat modifikatsiooni, näiteks rombiline ja monokliinne. Paljud elemendid kadestavad **X**-i mõjusfääri, sest teda leidub ulatuslikult nii maakoos kui mitmete gaasiliste ühendite koostises atmosfääris. Hapnik on **X**-i üks lähedasemaid sõpru. Koos annavad nad kaks binaarset ühendit: **A** (3-aatomiline) ja **B** (4-aatomiline), mis teatud tingimustes võivad teineteiseks üle minna. Ained **A** ja **B** ei kujuta oma elu ette ilma veeta: reageerides veega annab **A** happe **C** ja **B** tugeva happe **D**. Erinevalt paljudest teistest hapetest võib **D** reageerida nii tsingi kui ka vasega. Pingereas

vesinikust paremal olevate metallide toimel eraldub kontsentreeritud happest **D** kergeima lihtaine asemel oksiid **A**. Reaktsioonid, milles **X** osaleb ühel või teisel kujul, on noorte keemikute seas väga armastatud. Eriti populaarne on tema alumiiniumühendi **E** hüdroolüüs (reageerimine veega), kuna selle käigus eraldub mädamuna lõhnaga gaas **F** (94,1 % **X**) ja sadeneb vastava metalli amfoteerne ühend **G**, mis tugeva alusega **H** ($M_r = 40$) moodustab kompleksühendi **I**. Kuumutamisel **G** laguneb kaheks oksiidiks.

a) Kirjutage ühendite **A-I** valemid, nimetused ja aineklassid.

b) Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid: **i) A** → **B**, **ii) A** → **C**, **iii) B** → **D**, **iv) D** + Zn →, **v) D** (konts.) + Cu →, **vi) E** hüdroolüüs, **vii) G** + **H** → **I** ja **viii) G** →^ot. (13)

5. Element **X** esineb põhiliselt lihtainena **Y**, mis reageerib väga väheste ainetega. Toatemperatuuril reageerib **Y** kõigist lihtainetest ainult liitiumiga ja moodustub ühend **A** (59,8 % Li). Aine **A** hüdroolüüsil tekib alus **B** ja gaas **C**. Gaasi **C** põlemisel õhus tekib **Y** ja oksiid **D**. Gaasi **C** oksüdeerimisel klooriga moodustub kaheaatomiline hape **E** ja binaarne ühend **F** ($M_r = 120,4$). Ühendites **A** ja **F** on ühe palju aatomeid ja mõlemas on üks elemendi **X** aatom. Gaas **C** reageerib naatriumhüpokloritiga, mille tulemusel tekib sool **G**, oksiid **D** ja ühend **H**, milles elemendi **X** oksüdatsiooniaste on ühe võrra suurem, kui ühendis **C**.

a) Tuvastage arvutustega element **X**.

b) Kirjutage ainete **A-H** ja **Y** valemid ning nimetused.

c) Kirjutage tasakaalustatud reaktsioonivõrrandid: **i) Y** + Li → **A**, **ii) A** + H₂O → **B** + **C**, **iii) C** + O₂ → **Y** + **D**, **iv) C** + Cl₂ → **E** + **F** ja **v) C** + NaClO → **G** + **D** + **H**. (11)

6. Mardile ja Kallele anti mõlemale 10,00 cm³ tundmatu kontsentratsiooniga leelise lahust. Poisid pidid leelise kontsentratsiooni määrama tiitrimisel kindla kontsentratsiooniga sool-happega (0,02420 M). Hapet tilgutatakse leelise lahusesse büretist nii palju, kuni kogu leelis on ära reageerinud. Mõlemad poisid kandsid uuritava NaOH lahuse kvantitatiivselt 100,0 cm³ mõõtkolbi, lahjendasid destilleeritud veega märgini ja loksutasid lahuse segi. Mart eksis ja lisas kolbi 2 cm³ vett rohkem. Tiitrimiseks võeti kolvist 10,00 cm³ uuritavat lahust, millele lisati 1-2 tilka fenoolftaleiini. 50,00 cm³ bürett täideti happega täpselt märgini. Mõlemad poisid tegid kolm korduskatset. Mart peale igat katset ei täitnud büretti ja sai järgmised büreti lugemid: 0,00 cm³ → 11,60 cm³ (1. katse), 11,60 cm³ → 23,25 cm³ (2) ja 23,25 cm³ → 34,80 cm³ (3). Kalle täitis peale igat katset büreti uuesti (eeldage, et büretis oli kogu aeg lahuse kontsentratsioon ühtlustunud) ja sai järgmised lugemid: 0,00 cm³ → 11,80 cm³ (4), 0,00 cm³ → 15,45 cm³ (5) ja 0,00 cm³ → 22,35 cm³ (6).

a) **i)** Kirjutage välja tiitrimisel toimunud reaktsioonivõrrand. **ii)** Millal pidid poisid soolhappe lisamise lõpetama?

b) Arvutage välja kui palju kulus keskmiselt **i)** Mardil ja **ii)** Kallel tiitrimiseks soolhapet ja selle põhjal leidke uuritava lahuse molaarne kontsentratsioon.

c) Millise vea tegi korduvalt Kalle büretti täites? Tõestage arvutustega.

d) **i)** Milline kuuest katsest oli sooritatud kõige korrektsemalt? **ii)** Arvutage ainult selle katse põhjal uuritava leelise kontsentratsioon. (11)

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Младшая группа (9 и 10 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 11 ноября 2006

1. Соль **E** состоит из трёх элементов: кальция (3 моль на 1 моль соли, 38,76% по массе), элемента **A** (19,97 %), а также элемента **D** (41,27 %). Элемент **A** получил своё название из-за аллотропной модификации, которая светится в темноте. При реакции **A** с простым веществом **D₂** образуется гигроскопичное соединение **Z**. При реакции **Z** с водой образуется соединение **O**, в растворе которого $pH < 7$.

а) Подтвердите расчётами формулы **i**) элемента **A**, **ii**) простого вещества **D₂** и **iii**) соли **E**, приведите их названия. **iv**) Напишите формулу соли **Z** и её название.

б) Напишите и уравняйте следующие реакции: **i**) $A + D_2 \rightarrow Z$, **ii**) $Z + H_2O \rightarrow O$ и **iii**) $O + Zn \rightarrow$.

Азотная кислота окисляет элемент **A** до соединения **O**, при этом выделяется бесцветный ядовитый газ **NO**.

в) Напишите уравнение данной реакции (доставьте воду, если необходимо) и уравнение электронного баланса. (9)

2. Из гидроксида металла **Me**, соли которого окрашивают пламя в зелёный цвет, приготовили 219 г 4,00%-ого раствора. В него добавили 236 см³ раствора фосфата натрия (0,3810 М, $\rho = 1,0434$ г/см³), образовалось 10,23 г осадка и получился 2,019%-ый раствор фосфата натрия. При реакции ионов металла **Me** с хромат-ионами CrO_4^{2-} образуется жёлтый осадок **W**. Осадок **W** растворяется в сильно кислой среде, образуется оранжевый раствор.

а) С помощью расчётов определите металл **Me**.

б) Напишите ионные уравнения реакций: **i**) $Me + CrO_4^{2-} \rightarrow$ и **ii**) $H^+ + W \rightarrow$. (10)

3. Элемент **X** является одной из составляющих звёзд и входит в состав газа **A** и хорошо растворимого в воде газа **B**. В растворе газа **B** лакмусовая бумажка становится синей, а в растворе газа **A** красной. При реакции раствора газа **A** с щелочным металлом **C** образуется бинарное соединение **D** (58,97 % **C**). Соединение **C** окрашивает пламя в жёлтый цвет. Вещество **F**, являющееся сильной кислотой, образуется при реакции простого вещества **X₂** с простым веществом **E**, выделяющимся во время использования некоторых отбеливателей. Соли **F** хорошо растворимы в воде, кроме соли металла **G**. Металл **G** используется в реакции «серебряного зеркала». Другую соль **H** металла **G** использовали как косметическое средство в эпоху Возрождения, т.к. оно оставляет на коже трудно смываемые водой чёрные пятна.

а) Определите металл **C** и рассчитайте молярную массу **D**.

б) Напишите формулы и названия веществ **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и **X₂**. (6)

4. У элемента **X** нет причины страдать от «комплекса неполноценности», т.к. даже в состоянии простого вещества у него есть несколько устойчивых модификаций, например, ромбическая и моноклинная. Многие элементы завидуют сфере влияния **X**, потому что он широко распространён не только в земной коре, но и входит в состав газообразных веществ атмосферы. Кислород - один из ближайших друзей **X**. Вместе они образуют 2 бинарных соединения: **A** (3-х атомное) и **B** (4-х атомное), которые при определенных условиях могут переходить друг в друга. Вещества **A** и **B** не представляют свою жизнь без воды: **A** при реакции с водой даёт кислоту **C**, а **B** образует с водой сильную кислоту **D**. **D**, в отличие от многих других кислот, может реагировать и с цинком, и с медью. Под действием металлов, стоящих в ряду напряжения после водорода, из концентрированной кислоты **D** вместо простого вещества выделяется оксид **A**. Реакции, в которых так или иначе

участвует элемент **X**, любимы многими юными химиками. Особенно популярен гидролиз (реакция с водой) соли алюминия **E**, т. к. при этом получается газ с запахом тухлого яйца **F** ($\%X = 94,1\%$) и осаждается амфотерное соединение соответствующего металла **G**, которое с сильным основанием **H** (40 г/моль) образует комплекс **I**. При нагревании **G** разлагается на два оксида.

a) Напишите формулы и названия веществ **A-I**, укажите к какому классу веществ они принадлежат.

b) Напишите и уравновесьте следующие уравнения реакций: i) $A \rightarrow B$, ii) $A \rightarrow C$, iii) $B \rightarrow D$, iv) $D + Zn \rightarrow$, v) $D(\text{конц.}) + Cu \rightarrow$, vi) **E** гидролиз, vii) $G + H \rightarrow I$ и viii) $G \xrightarrow{O_t}$. (13)

5. Элемент **X** представлен в основном простым веществом **Y**, обладающим крайне слабой реакционной способностью. При комнатной температуре из всех простых веществ **Y** реагирует лишь с литием, образуя соединение **A** (59,8 % Li). При гидролизе вещества **A** образуется основание **B** и газ **C**. Газ **C** горит на воздухе с образованием **Y** и оксида **D**. При окислении **C** хлором образуется двухатомное вещество **E** и бинарное соединение **F** ($M_r = 120,4$). В веществах **A** и **F** одинаковое количество атомов, в обоих соединениях есть по одному атому элемента **X**. Газ **C** реагирует с гипохлоритом натрия, в результате чего образуется соль **G**, оксид **D** и соединение **H**, в котором степень окисления элемента **X** на единицу выше, чем в веществе **C**.

a) Определите с помощью расчетов элемент **X**.

b) Напишите формулы и названия веществ **A-H**, **Y**.

c) Напишите и уравняйте уравнения реакций: i) $Y + Li \rightarrow A$, ii) $A + H_2O \rightarrow B + C$, iii) $C + O_2 \rightarrow Y + D$, iv) $C + Cl_2 \rightarrow E + F$ и v) $C + NaClO \rightarrow G + D + H$. (11)

6. Марту и Калле обоим были выданы $10,00 \text{ см}^3$ раствора щелочи неизвестной концентрации. Ребята должны были определить концентрацию неизвестного раствора титрованием соляной кислотой известной концентрации ($0,02420 \text{ M}$). Из бюретки в раствор добавляется кислота до тех пор, пока вся щёлочь не прореагирует. Оба мальчика перенесли исследуемый раствор NaOH количественно в $100,0 \text{ см}^3$ мерную колбу, добавили дистиллированной воды точно до метки и перемешали. Март ошибся и добавил в мерную колбу на 2 см^3 воды больше, чем необходимо. Для титрования из мерной колбы брали $10,00 \text{ см}^3$ исследуемого раствора, добавляли 1-2 капли фенолфталеина. $50,00 \text{ см}^3$ бюретку наполнили раствором кислоты точно до метки. Каждый из мальчиков делал эксперимент 3 раза. Март после каждого опыта не заполнял бюретку до нулевой метки и получил следующие показания: $0,00 \text{ см}^3 \rightarrow 11,60 \text{ см}^3$ (1ый опыт), $11,60 \text{ см}^3 \rightarrow 23,25 \text{ см}^3$ (2) и $23,25 \text{ см}^3 \rightarrow 34,80 \text{ см}^3$ (3). Калле после каждого титрования заполнял бюретку заново (предположите, что концентрация в бюретке выравнивалась), и получил следующие значения: $0,00 \text{ см}^3 \rightarrow 11,80 \text{ см}^3$ (4), $0,00 \text{ см}^3 \rightarrow 15,45 \text{ см}^3$ (5) и $0,00 \text{ см}^3 \rightarrow 22,35 \text{ см}^3$ (6).

a) Напишите уравнение реакции, происходящей во время титрования. ii) Когда ребята должны были прекратить добавлять соляную кислоту?

b) Посчитайте, сколько в среднем уходило раствора соляной кислоты у i) Марта и ii) Калле на титрование. На основе этого найдите молярную концентрацию исследуемого раствора.

c) Какую ошибку постоянно совершал Калле при заполнении бюретки? Подтвердите расчётами.

d) i) Какой из 6 экспериментов проведён наиболее корректно? ii) На основе только этого результата рассчитайте концентрацию исследуемого раствора. (11)